



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

XIII JORNADES DE XARXES D'INVESTIGACIÓ EN DOCÈNCIA UNIVERSITÀRIA

Noves estratègies organitzatives i metodològiques en la formació
universitària per a respondre a la necessitat d'adaptació i canvi



JORNADAS DE REDES DE INVESTIGACIÓN EN DOCENCIA UNIVERSITARIA XIII

Nuevas estrategias organizativas y metodológicas en la formación
universitaria para responder a la necesidad de adaptación y cambio

ISBN: 978-84-606-8636-1

Coordinadores

María Teresa Tortosa Ybáñez

José Daniel Álvarez Teruel

Neus Pellín Buades

© Del texto: los autores

© De esta edición:

Universidad de Alicante

Vicerrectorado de Estudios, Formación y Calidad

Instituto de Ciencias de la Educación (ICE)

ISBN: 978-84-606-8636-1

Revisión y maquetación: Neus Pellín Buades

Publicación: Julio 2015

Virtualización de Redes de Computadores con GNS3: Evaluación de soluciones para el aprendizaje a distancia

G. J. García; P. Gil; F. A. Candelas; M. J. Blanes; M. A. Baquero; B. Alacid; A. Torres

*Departamento de Física, Ingeniería de Sistemas y Teoría de la Señal
Universidad de Alicante*

RESUMEN

El diseño de los recursos educativos permite a los estudiantes modificar su proceso de aprendizaje. En particular, los recursos educativos on-line descargables han sido utilizados con éxito en la educación en ingeniería en los últimos años. Por lo general, estos recursos son gratuitos y accesibles desde la web. Además, son diseñados y desarrollados por profesores y usados por sus estudiantes. Pero, rara vez se desarrollan por los estudiantes con el fin de ser utilizados por otros estudiantes. En este artículo, profesores y estudiantes trabajan juntos para implementar recursos educativos de libre distribución, que puedan ser utilizados por los estudiantes para mejorar el proceso de aprendizaje de redes de computadores en los estudios de ingeniería. En particular, se virtualizan topologías de red para modelar redes LAN (Local Area Network) y MAN (Metropolitan Area Network) con el fin de simular el comportamiento de los enlaces y nodos cuando están interconectados con diferente diseño físico y lógico. Para ello, usando el software de libre distribución GNS3, y teniendo como base la configuración de la red del laboratorio L24 de la EPS, se construye un entorno virtual que simula las posibilidades reales de este laboratorio.

Palabras clave: Virtualización, GNS3, Redes de computadores, Simulación, Aprendizaje a distancia

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Problema/cuestión

En la asignatura “Redes de Computadores” los alumnos realizan las prácticas en el laboratorio L24 de la EPS. Dicho laboratorio dispone de una configuración de red expresamente diseñada para que los estudiantes puedan experimentar diferentes situaciones reales y casos concretos que mejoran la asimilación de los contenidos teóricos. La problemática de esta situación es que los estudiantes deben finalizar las prácticas durante las clases presenciales y, por tanto, no tienen posibilidad de realizar pruebas o experimentar las situaciones propuestas desde otra ubicación y a su propio ritmo.

Para solucionar este problema, se pretende utilizar un simulador de redes complejas desarrollado con el software de libre distribución GNS3, puesto a disposición de los alumnos a través de la plataforma de aprendizaje on-line Moodle (Moodle, 2015). A su vez, se propondrán una serie de actividades y recursos para complementar y evaluar la experiencia, y reforzar la obtención de conocimientos. De este modo, los estudiantes podrán seguir el curso a su ritmo, potenciando la adquisición de destrezas, y en cualquier lugar con acceso a Internet.

1.2 Revisión de la literatura

La metodología de la enseñanza tradicional de un tema como Redes de Computadores ha consistido en una propuesta presencial (Gil, Candelas, Jara, Garcia & Torres, 2011). Con el fin de lograr las habilidades prácticas, los estudiantes desarrollan experimentos prácticos en un laboratorio en la universidad. Para ello, utilizan una red informática real basada en la arquitectura TCP / IP, donde algunos ordenadores con diferentes sistemas operativos son conectados con dispositivos de red físicos tales como routers, switches, hubs, bridges, etc. Los profesores muestran el comportamiento de la red analizando el tráfico de paquetes. Se han utilizado aplicaciones de código libre para la simulación y el análisis del comportamiento de las redes de computadores y el protocolo TCP/IP. Generalmente, estos simuladores (J-SIM (J-SIM, 2015), NS (NS, 2015), Partov (Momeni & Kharrazi, 2012)) están basados en lenguajes de programación y, por lo general, no son intuitivos y fáciles de usar por parte de cualquier estudiante. Por esta razón, los autores propusieron un nuevo simulador de redes de computadores llamado KivaNS (KivaNS, 2105). A partir de este simulador, se crearon una serie de applets interactivos de Java (Gil, Candelas & Jara, 2011) utilizando EJS (EJS, 2105).

Estos applets (KivaNS + EJS) son fáciles utilizar y no requieren conocer ningún lenguaje de programación con el fin de simular redes de computadores y protocolos de comunicación como los protocolos de la arquitectura TCP/IP. Sin embargo, estos applets tienen una reconfigurabilidad muy limitada y el tipo de topología de la red está limitada por la programación del applet. Por otra parte, el tráfico generado por estas redes virtuales no es real, y el tipo de topología de red también está limitada a lo que se haya implementado previamente en la programación. En consecuencia, se requiere un software de código abierto que permita simular el funcionamiento de redes de computadores complejas, permitiendo trabajar desde la virtualización de dispositivos de red reales sin dedicar hardware específico como routers, switches, hubs, etc., y donde los estudiantes puedan analizar el tráfico como si fuera generado directamente en una red real. GNS3 (Graphical Network Simulation) (GNS3, 2015) es una herramienta que puede ayudar a lograr estos requisitos de replicación de la configuración de las interfaces y routers de nuestra red de computadores instalados en un laboratorio físico de nuestra Universidad.

1.3 Propósito

En este artículo se muestran los trabajos realizados para la virtualización de una red de computadores. Las actividades se basan en la topología de red existente en un laboratorio de la Universidad de Alicante. Para realizar esta virtualización de la red real se utiliza el software de código abierto GNS3. La virtualización de redes de computadores ofrece a los estudiantes algunas ventajas tales como: a) el estudiante puede analizar el tráfico real sin necesidad de utilizar dispositivos físicos reales. Los problemas de configuración y conectividad se reducen o eliminan. b) Se puede trabajar desde otros lugares (casa, trabajo, biblioteca, etc.) fuera del aula / laboratorio. Se puede realizar un aprendizaje a distancia. c) Se pueden modificar las técnicas de enrutamiento por los propios estudiantes. Normalmente, cualquier cambio en las configuraciones de los dispositivos de red (como los routers por ejemplo) requieren una contraseña de administrador. Cualquier cambio en la configuración de estos dispositivos pueden dañar la red. De esta forma, cada alumno puede modificar su propio dispositivo sin interferir en el dispositivo real. En el laboratorio real, algunos cambios no son posibles porque se les permite a varios usuarios interactuar en los mismos dispositivos y los cambios que se hagan en sus configuraciones pueden afectar a todos los usuarios.

Para evaluar la red de computadores virtual montada sobre GNS3 se ha utilizado en unas prácticas de la asignatura de Comunicaciones y Redes Industriales (37811) del Máster Universitario de Automática y Robótica de la Universidad de Alicante. Los profesores proponen una práctica con cuatro sesiones sobre el laboratorio real que también pueden ser desarrolladas con el entorno virtual usando GNS3. Una encuesta a los estudiantes evalúa la propuesta, y las notas de los estudiantes demuestran si la nueva herramienta en línea es mejor para la mejora del proceso de aprendizaje de esta asignatura.

2. METODOLOGÍA

2.1. Descripción del contexto y de los participantes

En los trabajos presentados en este artículo han participado 4 profesores (2 TU, 1 AYU DOC, 1 ASO), un PAS y dos becarios. De los miembros, 3 profesores (1 TU, 1 AYU DOC y 1 ASO) han dado clase en el curso 2013-14 en las asignaturas objeto del estudio de la red: Redes de Computadores de la titulación Grado en Ingeniería en Informática y Comunicaciones y Redes Industriales del Máster Universitario en Automática y Robótica. Además, todos los profesores indicados han participado en la docencia de asignaturas de contenidos similares en cursos pasados, y conocen bien sus contenidos y la metodología docente empleada. También, conviene recordar que todos los miembros de la red tienen experiencia en la aplicación de nuevas tecnologías a la docencia y en la elaboración y aplicación de metodologías docentes que tratan de mejorar el aprendizaje.

Las asignaturas objeto del estudio descrito en el presente artículo han sido Redes de Computadores (código 34015) que se imparte por tercera vez en el 2º curso de la titulación de Grado de Ingeniería en Informática (GII, plan de estudios de 2010) de la Escuela Politécnica Superior. Esta asignatura se imparte en el primer cuatrimestre del curso. La otra asignatura objeto del estudio desarrollado es Comunicaciones y Redes Industriales (código 37811) que se imparte en el Máster Universitario en Automática y Robótica durante el segundo cuatrimestre del curso. Durante el curso 2013-14, estas asignaturas han tenido una matrícula de 177 y 8 alumnos, respectivamente. Es en la asignatura del segundo cuatrimestre dónde se ha podido evaluar la simulación del laboratorio, así como las guías docentes para la parte práctica propuestas.

El contenido de las dos asignaturas es similar con ciertas modificaciones en las horas de dedicación. En ambos casos, se aborda el estudio de conceptos básicos de

arquitecturas de redes datos, tales como las capas de un modelo TCP/IP de comunicaciones, protocolos más usados, funcionamiento de una red de área local basada en tecnología Ethernet e IP.

2.2. Materiales

A continuación se comenta brevemente las herramientas empleadas para la elaboración de los recursos didácticos.

Para la virtualización del laboratorio real se emplea la herramienta GNS3 (GNS3, 2015), que es un simulador gráfico de red que permite la emulación de redes de computadores. Su funcionamiento es semejante a las herramientas como VMWare, VirtualBox (VirtualBox, 2015) o Virtual PC, las cuales se utilizan para emular varios sistemas operativos en un entorno virtual. Estos programas permiten ejecutar sistemas operativos como Windows o Ubuntu. GNS3 permite el mismo tipo de emulación utilizando Cisco IOS en el ordenador. Para ello, Dynamips es el programa básico que permite la emulación de IOS (IOS, 2015). GNS3 se ejecuta sobre Dynamips para crear un entorno más amigable. GNS3 también es compatible con otros programas de emulación, Qemu (Qemu, 2015), Pemu y VirtualBox. Estos programas se utilizan para emular Cisco ASA y cortafuegos PIX, Cisco IPS, enrutadores Juniper, así como anfitriones (Linux, Windows, Mac OS X, FreeBSD, etc.). GNS3 utiliza estos programas para poder emular PCs, y permite, por ejemplo, tener un router Cisco comunicándose con un servidor Linux.

Así, GNS3 permite la emulación de imágenes Cisco en equipos con Windows, Linux y Mac OS X. GNS3 permite, por lo tanto, emular tanto routers, como otros dispositivos: switches, PCs, hubs, etc.

En el mercado, hay varios simuladores de routers Cisco, pero casi siempre hay comandos o parámetros que no son compatibles entre los routers simulados. En cambio, con GNS3 se está ejecutando una verdadera imagen de Cisco, por lo que es posible ver exactamente lo que produce el sistema operativo del router, teniendo acceso a cualquier comando o parámetro con el apoyo de la imagen.

GNS3 es un software de código abierto, es un programa gratuito. Sin embargo, debido a restricciones de licencia, en el presente trabajo se utilizará la imagen de uno de los routers Cisco ubicados en el laboratorio físico de la Universidad de Alicante. GNS3 proporciona alrededor de 1000 paquetes por segundo de rendimiento en un entorno virtual. Un router normal, proporciona un rendimiento muchísimo mayor. Quizás GNS3

no sustituye a un router real, pero tiene la intención de ser una herramienta para el aprendizaje y las pruebas en un entorno de investigación. El uso de GNS3 de otra forma, sería considerado inadecuado ya que el rendimiento del mismo no es comparable.

La aplicación GNS3 permite la simulación gracias al programa llamado “Virtual PC Simulator” o VPC. Para ello, usa los puertos UDP para la comunicación entre el simulador y cada uno de los ordenadores simulados. VPC es un software que se puede descargar desde Internet de forma gratuita y se distribuye tanto para el sistema operativo Windows como Linux. El propio programa proporciona hasta un total de 9 PCs virtuales, los cuales no son realmente PCs, sino terminales que implementan las herramientas para realizar las comprobaciones de red que se necesiten. Esta herramienta es muy similar a las sesiones de TTY que se pueden encontrar en Linux. La principal ventaja de usar VPC es su simplicidad y facilidad de uso, sobre todo al no usar grandes cantidades de memoria ni ciclos de CPU para su funcionamiento. Una de las desventajas que tiene esta herramienta es su funcionalidad limitada, ya que sólo permite el uso de comandos básicos de red, como ping y traceroute.

2.4. Procedimientos

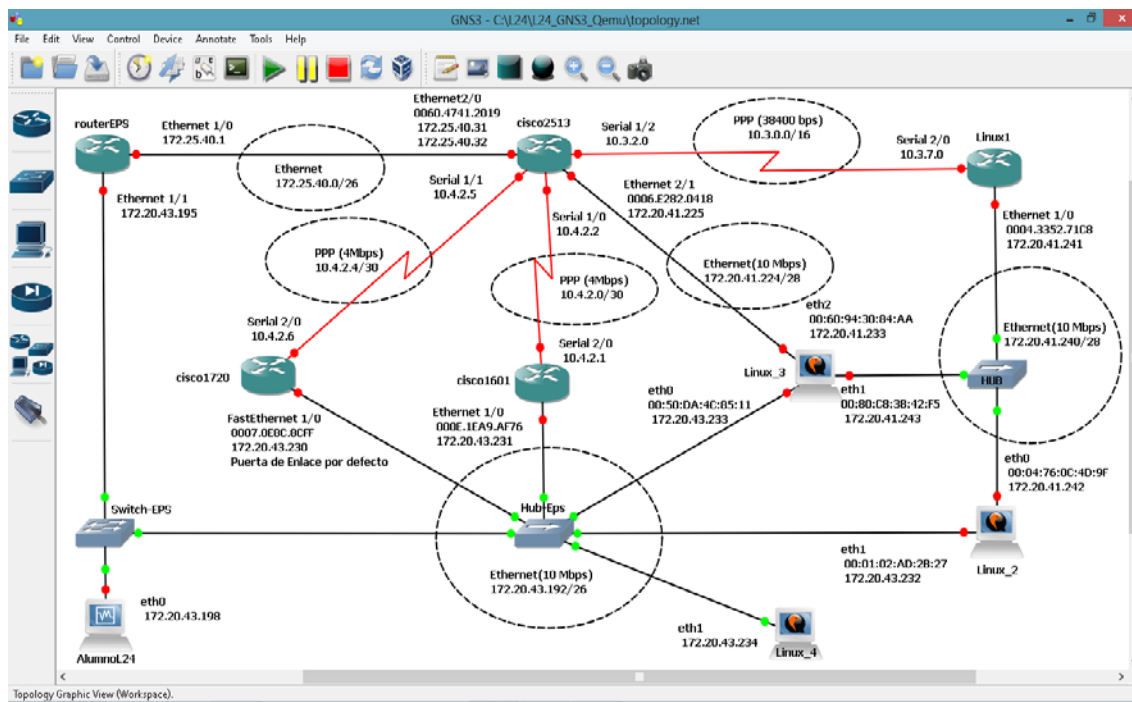
Para poder analizar la acogida del nuevo laboratorio virtual se han preparado una serie de sesiones prácticas. Estas sesiones prácticas se han subido a Moodle para evaluar la materia entre los estudiantes de la asignatura Comunicaciones y Redes Industriales del Máster Universitario en Automática y Robótica. Además, se ha empleado una encuesta-cuestionario como instrumento para recopilar información cuantitativa y cualitativa acerca del uso de este nuevo laboratorio virtual. De este modo, a través de un análisis de la información recopilada se puede determinar el grado de satisfacción de éstos en relación al nuevo laboratorio virtual como herramienta educativa que permite mejorar el proceso de aprendizaje. La encuesta constaba de 21 preguntas que evaluaban el grado de satisfacción de diferentes aspectos en relación a las posibilidades que ofrecía el nuevo laboratorio virtual.

3. RESULTADOS

3.1. Experimentos propuestos a los alumnos.

Con el objetivo de facilitar el estudio y aprendizaje de los conceptos de las redes de computadores, se ha desarrollado sobre GNS3 la topología que se emplea en el aula L24 de la Escuela Politécnica Superior de la Universidad de Alicante (ver Figura 1).

Figura 1. Topología L24 - GNS3.



A partir de este proyecto de GNS3, se ha pretendido estudiar los resultados que obtienen los estudiantes en una asignatura relacionada con las redes de computadores que se imparte en el Máster Universitario de Automática y Robótica. Para ello, se ha propuesto un cambio de metodología, en donde sin tener que estar físicamente en el aula L24, los alumnos van a poder probar y realizar sus prácticas.

El objetivo a conseguir con esta topología de red virtualizada es facilitar el estudio de los paquetes y el tráfico del laboratorio L24, entendiendo el funcionamiento de los distintos dispositivos de red: routers, switches, hubs, etc. De esta forma, los estudiantes pueden realizar comparaciones entre el tráfico que se genera en el laboratorio físico, y el tráfico de datos que se obtiene a partir de la topología virtual facilitada mediante GNS3.

Los profesores modificaron los guiones de prácticas para que se pudieran realizar todas las cuestiones, no sólo en el laboratorio real físico, sino también en el laboratorio virtual sobre GNS3. Los estudiantes realizaron una serie de actividades

basadas en el estudio de la red dentro del laboratorio físico, y posteriormente resolvieron las mismas cuestiones en casa utilizando la red sobre GNS3.

3.2. Desarrollo de los experimentos

El curso se estructura como un conjunto de sesiones basadas en un modelo de presentación que explican los conceptos básicos de las redes de computadores. Estas sesiones introducen, además de los conceptos teóricos, ejemplos prácticos de interés para el entendimiento de las lecciones. El curso también explica brevemente los comandos básicos para obtener información de los dispositivos, cómo instalar y lanzar GNS3 con el laboratorio L24 virtual, y cómo capturar y analizar paquetes de datos que circulan por la red (tanto real como virtual) utilizando Wireshark. Como se ha comentado en el apartado anterior, la asignatura sobre la que se evalúa la herramienta propuesta pertenece a un Máster Universitario con alumnos con un perfil de ingeniería variado: telecomunicaciones, industriales, informáticos y electrónicos. Todas las sesiones con la guía y las cuestiones a realizar se publican en Moodle. Además, la clase, inicialmente presencial, puede seguirse remotamente por video streaming. Durante el curso académico 2013-14, 8 estudiantes cursaron la asignatura y completaron sus actividades. Esta asignatura es optativa. El Máster está compuesto por 5 asignaturas obligatorias y 11 optativas. El 47% de los estudiantes eligieron esta asignatura como parte de su currículo académico. La asignatura se desarrolla en tres grandes bloques: a) conceptos básicos y funcionamiento de la arquitectura de red TCP/IP; b) buses de comunicación industrial; y c) protocolos de comunicación industrial como ModBus (sobre Ethernet y TCP/IP), Profibus/Profinet o Ethernet Industrial. La red de computadores virtual sólo se utilizó en la primera parte de la asignatura. El objetivo era desarrollar una experiencia piloto con pocos estudiantes que no tuvieran conocimientos sobre redes de computadores, o en su defecto su conocimiento acerca de las redes de computadores fuera bajo.

3.3. Resultados de encuestas

La evaluación docente a partir de las topologías diseñadas con GNS3, se ha llevado a cabo gracias a la colaboración de los alumnos del Máster Universitario en Automática y Robótica que se imparte en la Universidad de Alicante durante el curso 2013-2014. En el estudio presentado en este apartado se ha analizado si el aprendizaje

de los alumnos puede ser incrementado y/o mejorado gracias a herramientas de virtualización como la propuesta en este artículo.

La encuesta de evaluación empleada consta de 21 preguntas, relacionadas con la topología de red y su funcionamiento sobre GNS3. Los alumnos respondieron de forma anónima al cuestionario a final de curso.

A continuación se detalla la estructura de la encuesta:

- En las cuestiones Q1-Q3, se preguntó a los estudiantes si conocían otros simuladores de redes informáticas. Los resultados de la encuesta mostraron que no sólo el 33% sabía de otros simuladores, sino que también el 16,7% había utilizado dichos simuladores.
- En las preguntas Q4-Q9, que hacen referencia a los resultados generales, los estudiantes opinaron sobre GNS3. En general, consideran muy positiva la capacidad para emular el comportamiento operativo de un dispositivo real y para configurar su tabla de enrutamiento y las interfaces de red fácilmente y sin necesidad de movilidad geográfica.

El 83,3 % de los estudiantes pensó que la funcionalidad de interfaz de GNS3 puede puntuarse con un 3,2 sobre 5. En general, ellos no tuvieron problemas con el proceso de instalación y configuración. Ponen de relieve la capacidad de GNS3 para capturar paquetes en vínculos de red con una tecnología diferente de diversa localización (ubicación local o remota en relación con el nodo de estudiante). Asimismo, indicaron que la capacidad de emular routers reales y trabajar con sus comandos es interesante. No obstante, perdieron la emulación de otros sistemas operativos de otros fabricantes de router y la simulación de otras tecnologías de enlace tales como WiFi. Además, consideraron que GNS3 consume una gran cantidad de memoria y CPU de la máquina donde se ejecuta a pesar de la configuración del parámetro "inactivo". En un futuro, se realizará un estudio de los requisitos hardware.

- Las preguntas Q10- Q19, se pueden sintetizar mediante los resultados mostrados en la Tabla 1 y la Figura 2.

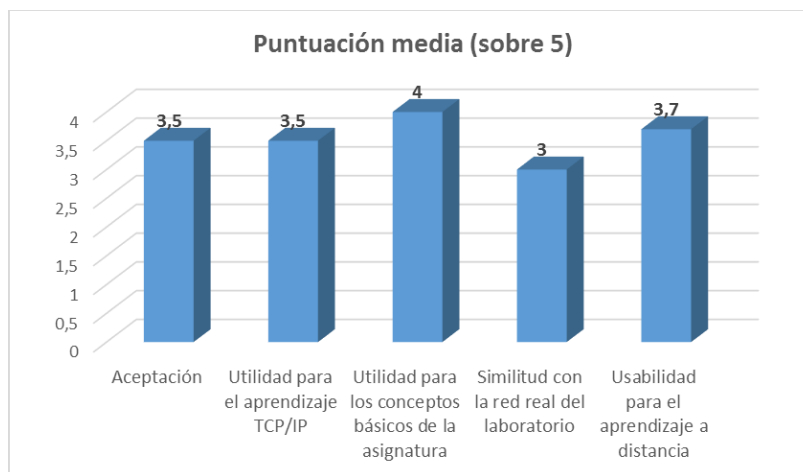
Los estudiantes respondieron a las preguntas con un valor del '1' a '5', desde “Totalmente en desacuerdo” hasta “Totalmente de acuerdo”, respectivamente.

Tabla 1. Opiniones de la aplicación

Categorías	Opinión de los estudiantes (desde Q10 a Q13 y Q20, Q21)					
	<i>Totalmente desacuerdo</i>	<i>Desacuerdo</i>	<i>Indiferente</i>	<i>De acuerdo</i>	<i>Totalmente de acuerdo</i>	<i>Media/ Moda</i>
Aceptación	0%	16.7%	33.3%	33.3%	16.7%	3.5/4

Categorías	Opinión de los estudiantes (desde Q10 a Q13 y Q20, Q21)					
	<i>Totalmente desacuerdo</i>	<i>Desacuerdo</i>	<i>Indiferente</i>	<i>De acuerdo</i>	<i>Totalmente de acuerdo</i>	<i>Media/ Moda</i>
Utilidad para el aprendizaje de TCP/IP	0%	0%	50%	50%	0%	3.5/4
Utilidad para el aprendizaje de conceptos de la asignatura	0%	0%	28.6%	42.9%	28.6%	4/4
Similitud con la red real del laboratorio físico	16.7%	0%	50%	33.3%	0%	3/3
Usabilidad para el aprendizaje a distancia	0%	16.7%	16.7%	50%	16.7%	3.7/4

Figura 2. Puntuación media otorgada en cada uno de los criterios de evaluación



La mayoría de los usuarios piensan que la red virtual proporciona un sentido aceptable de la realidad a la hora de emular experimentos reales. Así, la puntuación media fue de 3,5 sobre 5.

En particular, la Tabla 1 muestra que casi todos los estudiantes encontraron el laboratorio virtual basado en GNS3 útil para el aprendizaje de la temática de redes informáticas en general, y, a su vez, para facilitar la comprensión de temas relacionados con las comunicaciones y TCP/IP en el contexto del sujeto (3,5 y 4 eran las puntuaciones sobre 5, respectivamente). Se obtuvieron resultados similares cuando se les preguntó acerca de la capacidad del laboratorio virtual para dar a los estudiantes la flexibilidad (tiempo y lugar) para la enseñanza a distancia (3,7 sobre 4). Pero, en general, sólo se logró una puntuación de 3 sobre 5 cuando se les preguntó sobre la similitud entre el laboratorio real y virtual. Aunque, según la opinión de los alumnos, el laboratorio virtual funciona casi el 90 % igual al laboratorio real, pensamos que los emuladores hacen que el alumno pierda el sentido de la realidad.

Por una parte, en general, la Tabla 1 muestra cómo las topologías diseñadas por profesores de GNS3 proporcionan una experiencia de usuario aceptable para simular el comportamiento de las redes de ordenadores. Y más específicamente, la Tabla 2

muestra la percepción nivel de los estudiantes acerca de los aprendizajes logrados en relación con los aspectos acerca de la red informática y de comunicaciones, tales como análisis de tráfico de paquetes en una red según el protocolo o la configuración y el control de los dispositivos de la red de comunicación. La opinión más repetida entre los estudiantes han sido "ni de acuerdo ni en desacuerdo" como respuesta a conocer la opinión acerca de Direccionamiento, enrutamiento y red dispositivos. Además, el 50 % de los estudiantes están "de acuerdo" o "Totalmente de acuerdo" con los resultados de su aprendizaje acerca de los protocolos de comunicación como ARP e ICMP.

Tabla 2. Opiniones de aprendizaje

Topics	Opiniones de aprendizaje (desde Q14-Q19)				
	<i>Totalmente desacuerdo</i>	<i>Desacuerdo</i>	<i>Indiferente</i>	<i>De acuerdo</i>	<i>Totalmente de acuerdo</i>
ETHERNET/ Direccionamiento	0%	17%	50%	17%	17%
ARP/ICMP	0%	17%	33%	33%	17%
Enrutamiento	0%	17%	50%	33%	0%
Dispositivos de red	17%	0%	67%	17%	0%

En general, la evaluación de la opinión de los estudiantes indica que tienen una percepción positiva, que promueve nuevas implementaciones y virtualizaciones por parte de los profesores. Este hecho anima a los profesores a ampliar esta herramienta para otras materias con más estudiantes, como los estudios de grado (es decir, la red de ordenadores en el Grado en Ingeniería Informática en la misma universidad).

Por otro lado, las habilidades específicas, que los estudiantes deben adquirir, se evalúan mediante una serie de cuestionarios realizados a través de la plataforma Moodle. En el experimento, cada tema evaluado fue clasificado como un valor entre '0' y '10', donde '10' y '9' es excepcional, entre el '5' y '8' es aceptable, y menos de '5' indica que el estudiante no ha alcanzado la puntuación mínima para superar la asignatura. Los profesores utilizan algunas preguntas con el fin de conocer si los estudiantes han adquirido conocimientos en GNS3. Estas preguntas se utilizan para medir la comprensión y las habilidades adquiridas por los estudiantes. Los resultados estadísticos proporcionados por la plataforma Moodle se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. Resultados de los estudiantes

Experimento	Evaluación de los estudiantes				
	<i>Media</i>	<i>Desviación estándar</i>	<i>Error estándar</i>	<i>Sesgo</i>	<i>Mediana</i>
Ethernet/ARP	7.1	1.2	0.54	1.17	6.75
ICMP	7.6	1.9	0.87	-0.08	7
TCP	6.8	2.2	0.96	-2.03	8
Enrutamiento	5.6	3.2	1.43	-1.96	7

El conocimiento adquirido de los cinco protocolos, tales como Ethernet (IEEE 802.3), ARP (Address Resolution Protocol), ICMP (Internet Control Message Protocol), IP (Internet Protocol) y TCP (Transmission Control Protocol) se evaluó. Además, hemos evaluado los procesos de direccionamiento y enrutamiento. Direccionar es el proceso de identificar las interfaces de los nodos de una red, enrutamiento es el proceso de seleccionar las mejores rutas en una red entre dos nodos de acuerdo a las tablas de enrutamiento y la topología de la red.

Estos procesos se aprenden mediante la ejecución de comandos que generan tráfico de paquetes y el uso de los comandos que nos permiten leer las direcciones MAC e IP, subred y la información de las máscaras de las interfaces de los nodos de la red. Todos los comandos son específicos del sistema operativo en cada nodo.

La Tabla 3 muestra los resultados de las evaluaciones de los estudiantes acerca de los protocolos y aspectos. En total, en las evaluaciones participaron 7 estudiantes. La muestra es pequeña y, en consecuencia, el valor medio o promedio es menos significativo que el valor de la mediana.

La desviación estándar es elevada en algunos casos. Este dato nos indica que hay mucha variación en las calificaciones obtenidas por los alumnos en ese tipo de preguntas. Este hecho puede implicar que el nivel de aprendizaje alcanzado depende del estudio previo de los alumnos. En este caso provenían de titulaciones diferentes (ciencias de la computación, ingeniería eléctrica, ingeniería de telecomunicaciones, etc.).

En cualquier caso, los resultados obtenidos por los estudiantes siempre superan la calificación de 5,5 puntos y 6,5 puntos, según la media y la mediana de los valores, respectivamente. Además, en algunos temas concretos los resultados son altos dentro del rango aceptable, los valores 7 y 8 sobre 10.

4. CONCLUSIONES

Dentro del presente artículo se ha desarrollado principalmente la virtualización del aula L24 de la Escuela Politécnica Superior de la Universidad de Alicante. Sin embargo, al igual que se ha elaborado un proyecto con este aula, se podría haber realizado un proyecto con la topología que deseemos. Con esto, queremos decir que gracias a esta herramienta, es posible simular cualquier red, ya sea de área local o

metropolitana y poder probar libremente cuál es su funcionamiento, de tal forma que podamos conocer o estudiar sus protocolos y funcionamiento.

Lo más destacado de esta herramienta con respecto a otras similares es que se puede importar el proyecto y utilizarlo en cualquier sistema operativo, de tal forma que puede ser una forma fácil para explicar cómo se encuentra una red interconectada o para realizar cualquier curso de Cisco. Gracias a GNS3, es posible importar y utilizar la IOS Cisco que se desee.

Para analizar la acogida de los recursos generados en torno a la virtualización sobre GNS3, se ha elaborado una encuesta de opinión cuyos resultados se han comentado en la sección 3. Los resultados indican que este tipo de herramientas puede mejorar el aprendizaje de los alumnos al independizar este aprendizaje de la localización física de un determinado laboratorio.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Gil, P., Candelas, F.A., Jara, C.A, Garcia, G.J & Torres, F. (November 2013). Web-Based OERs In Computer Networks. *Int. J. of Engineering Education*, 29 (6), pp. 1537-1550.
- Momeni, B. & Kharrazi, M. (2012). Improving a Computer networks course using the Partov simulation engine. *IEEE Transactions on Education*, 55 (3), pp. 436-443.
- Gil, P., Candelas, F.A. & Jara, C.A. (May 2011). Computer networks elearning based on interactive simulations and SCORM. *Int. J. Of Online Engineering*, 7 (2), pp. 15-23.

Fuentes electrónicas:

- Moodle (2015). *LCMS Moodle*. Recuperado el 22 de Mayo de 2015, de: <http://moodle.org>
- EJS (2015). *Easy Java Simulations*. Recuperado el 22 de Mayo de 2015, de: <http://www.um.es/fem/>
- GNS3 (2015). *Graphic Network Simulator*. Recuperado el 22 de Mayo de 2015, de: <http://www.gns3.net>
- KivaNS (2015). Recuperado el 22 de Mayo de 2015, de: <http://aurova.ua.es/kiva/indexi.html>
- J-SIM (2015). *Network Simulation in J-Sim*. Recuperado el 22 de Mayo de 2015, de: <http://www.jsim.org>

NS (2015). *NS simulator*. Recuperado el 22 de Mayo de 2015, de:
<http://nsnam.isi.edu/nsam>

VirtualBox (2015). Recuperado el 22 de Mayo de 2015, de:
<https://www.virtualbox.org/>

Qemu (2015). Recuperado el 22 de Mayo de 2015, de: <http://wiki.qemu.org/>

Wireshark (2015). Recuperado el 22 de Mayo de 2015, de: <http://www.wireshark.org/>